

補助事業番号 2021M-192  
補助事業名 2021年度 切削-バニシ加工による医療用刃具の機上デジタル製造  
技術の開発に関する補助事業  
補助事業者名 岡田将人

## 1 研究の概要

本研究では、脳外科手術に用いられるマイクロ剪刀に代表される医療用刃具の切れ刃を、人間の手作業工程を介さずに1台の工作機械上で製造するための加工技術の開発を目的とした。プログラム制御により自動加工が可能であるNC工作機械により、刃具素材を模した薄板材に対し、その輪郭稜線が鋭利刃となるように切削加工で形状創成を行った後に、工作機械上の工具を切削工具から球頭工具に付け替えてバニシング加工(以後、バニシ加工)を実施した。これにより、切れ刃付近の表面性状を制御するとともに、切れ刃稜線の鋭利刃部の形状も制御可能であることを明らかにした。また、切れ刃の反り形状の制御に、バニシ加工が適用できる可能性について検討するために、薄板材に対してバニシ加工を施すことで生じる曲げ形状に着目した。本研究では、バニシ加工条件が曲げ角度に及ぼす影響を、有限要素法解析(以後、FEM)モデルを用いて解明した。これらにより、切削加工とバニシ加工を組み合わせることによる刃具製造技術の有用性について明らかにした。

## 2 研究の目的と背景

脳外科手術等に用いられるマイクロ剪刀の切れ刃は、切削加工により削り出した後、手作業による研磨作業を施す。この手作業では、切削加工により生じた反りの形状修正も兼ねる。しかし、この手作業は時間を要し、品質にもばらつきが生じやすいため、工作機械を用いた自動化が求められている。金型を用いずに薄板材の曲げ形状を発現する方法として、バニシ加工の活用が期待されている。バニシ加工は一般的に平滑面を得ることを目的に適用されるが、著者らは、バニシ加工により板厚方向の残留応力を制御することで、薄板材に曲げ形状を発現できることを明らかにしている。バニシ加工は、工作機械上で切削加工から段取り替えを介さずに実施でき、バニシ加工により切削から表面平滑化、曲げ形状の制御までを行うことができれば有効な加工法となる。これまでの研究では、専用装置を用い、工具の工作物への押付け力を一定に制御した上で、被加工材縁部に対する加工特性や薄板材の曲げ制御について検討してきた。しかしながら、マイクロ剪刀は一般的な位置制御の工作機械を用いた切削加工により形状が創成されており、製造工程の連続性を鑑みた場合、バニシ加工においても位置制御工作機械上での加工特性を明らかにする必要がある。そこで本研究では、薄板材縁部に対して一般的な位置制御工作機械により、切削加工からバニシ加工までの切れ刃形状創成一貫プロセスで実施した場合の切れ刃表面性状と形状を明らかにした。加えて、工具の押し込み量を制御したバニシ加工による薄板材の曲げ変形特性を有限要素法解析(以後、FEM)により明らかにした。

### 3 研究内容

#### 切削—バニシ加工による医療用刃具の機上デジタル製造技術の開発

(URL: [http://mech.u-fukui.ac.jp/~okada/JKA\\_2021\\_report.pdf](http://mech.u-fukui.ac.jp/~okada/JKA_2021_report.pdf))

##### (1) 実験方法

図1に本研究で用いた加工機外観と加工部構成を示す。加工機には3軸小型NCフライス盤を用い、板厚3.0 mmのステンレス鋼 JIS SUS304に対して±X方向にボールエンドミル工具(図2(a))を送ることで、図3に示すように、くさび型の切れ刃を模した形状を創成した。次に、ボールエンドミル工具を、球頭形状を呈するバニシング工具(図2(b))に付け替えて、切削により得られた仕上げ面に対して±Y方向に工具を送るバニシ加工を施した。切れ刃付近の表面性状と形状は粗さ曲線で評価し、創成した切れ刃稜線長さ12 mmに対して両端付近と中央の3点で測定した。

図4にFEM解析に用いた解析モデルの概略を示す。工作物は治具Aと端面で固着させ、対向する端面を自由端とした。バニシ加工は、クロスフィードを伴わない1パスのみとし、1パスで生じた曲げ角度を評価した。曲げ角度は、工作物下面におけるバニシ加工点と自由端を結ぶ直線が治具B上面となす角度と定義した。加工条件として工具の押込量を変化させた。

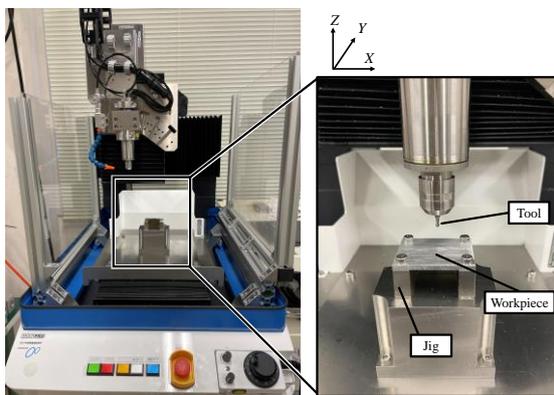
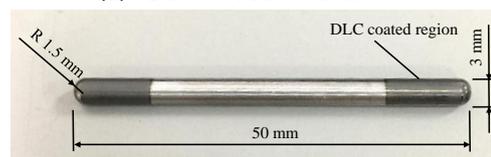


Fig. 1 Experimental setup



(a) Ball-nose end mill



(b) Burnishing tool

Fig. 2 External view of tools

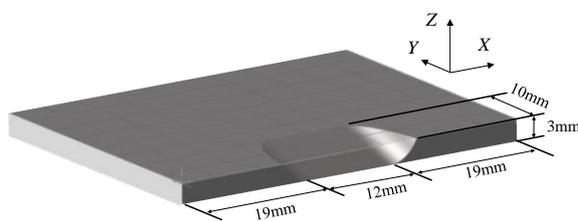


Fig. 3 Schematic of machined workpiece

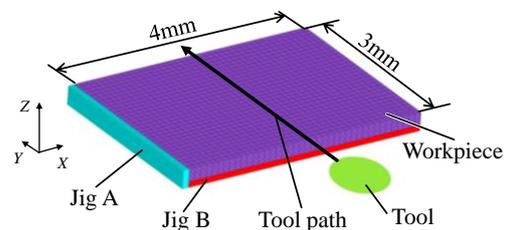


Fig. 4 Schematic of FEM model

## (2) 実験結果

図5に切削加工ならびにバニシ加工後の切れ刃周辺の粗さ曲線を示す。バニシ加工後の粗さ曲線は、刃先稜線方向に対して3カ所の測定点1-3でそれぞれ示す。図より、切削加工により生じた切れ刃付近の表面凹凸が、バニシ加工により平滑化されていることがわかる。また、バニシ加工後の切れ刃付近の形状に測定位置による明確な傾向は認められず、安定した形状が得られていることがわかる。一方で、バニシ加工後の切れ刃稜線付近には凹形状のうねりが発現している。切れ刃稜線付近は極めて薄肉の形状を呈しており、バニシ加工により生じた材料流動に起因する形状と考える。図6に、図5により得られた切削加工ならびにバニシ加工後の工作物を用いた切れ刃の切断性能評価試験結果を示す。図より、バニシ加工を施すことで、バニシ加工前の切れ刃より、切断に至るまでの時間ならびに荷重が増加した。これは、図5に示すとおり、バニシ加工により生じる切れ刃稜線のうねりに起因すると考えられる。バニシ加工により、切れ刃稜線には切削加工後より鋭利な切れ刃形状の創成が実現できていることは、バニシ加工前後の切れ刃SEM画像より認められた。そのため、バニシ加工を両面から実施するなどの対策により、うねり形状を抑制することで切断性能の向上が図れると考える。図7に、FEM解析により種々の押込量により得られた曲げ角度を示す。横軸は、曲げ角度のY方向の測定位置を示しており、0が加工開始点側を示す。図より、押込量の増加に伴い、全体的に曲げ角度が増加する傾向が得られた。これは、押込量を増加させることで、薄板材下面側のX方向に対する材料流動が顕著となるためと考える。一方、押込量の増加に伴い、加工開始点側と終了点側との曲げ角度の差異が増加する傾向も認められた。本解析では、クロスフィードを伴わない1パス加工による結果であるが、-Y方向側への加工パスも加えることで、このY方向位置による曲げ角度の差異を相殺し、曲げ形状の制御が可能であると考えられる。なお、本報では結果の掲載を割愛しているが、工具の回転速度による対象面とのしゅう動速度も曲げ角度に影響を有することを明らかにしており、これらの加工条件を加工中に柔軟に制御することで、より高精度な曲げ形状制御が可能となると考える。

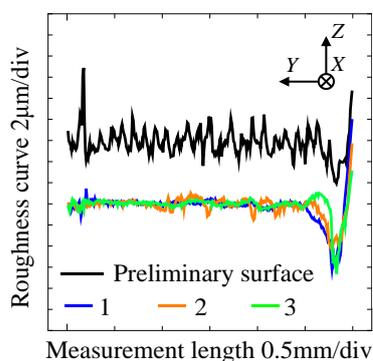


Fig. 5 Cutting edge profile

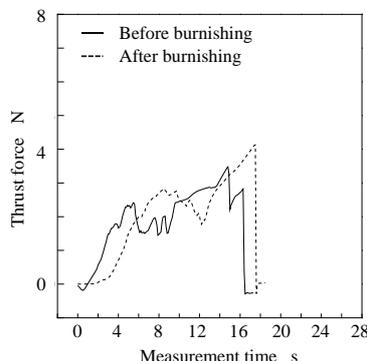


Fig. 6 Cutting test

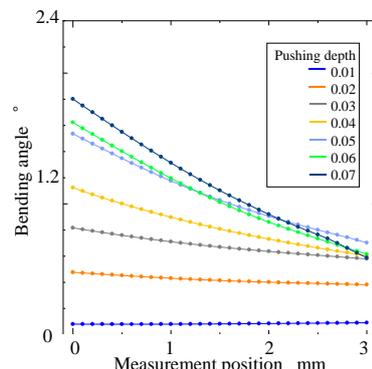


Fig. 7 Bending angle

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究で対象とするバニシ加工は、形状創成のための切削加工に用いられる工作機械で、段取り替えを介さずに連続的に行える加工法である。従来、人間の手作業で実施されてきた作業をバニシ加工に置換することで、製造工程の短縮化、熟練工不足の解消、品質の安定化など、製造現場における諸問題の解決に寄与できる。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

著者らはこれまでに、高精度・高品質な製品形状ならびに表面品質を創成するための切削加工、バニシ加工に係る研究に携わってきた。本研究で主として対象としたバニシ加工は、一般的には工業用製品の表面平滑性と表層改質のために用いられてきた加工法である。一方で著者らは、これまでのバニシ加工に関する取り組みにおいて、バニシ加工は表層の材料流動を柔軟に制御できることを明らかにしてきた。加えて、バニシ加工後の表層には残留応力が発生し、これを加工条件により柔軟に制御できることも明らかにした。これらのバニシ加工の特徴から、バニシ加工を薄板材の製品縁部に用いることで、材料流動による鋭利形状の創成と、薄板材全体の曲げ形状の制御が同時に実現可能であるとの着想に至って、本事業を遂行した。医療用刃具は、その適用が期待できる一例であり、より多くの工業製品の製造技術として、本加工技術の優位性を活用できると考えている。本事業で得られた成果に基づき、今後も継続的に産業・学術界に寄与できる研究成果の社会還元を努める。

#### 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- 1) 岡田将人, 桐山貴, 吉田清斗, 長谷川奈帆, バニシング加工による薄板材縁部の鋭利形状創成と薄板材の曲げ特性, 日本機械学会北陸信越支部2022年合同講演会(総会・講演会&卒業研究発表講演会)講演論文集, A015, pp. 1-4.
- 2) 岡田将人, 桐山貴, 吉田清斗, 長谷川奈帆, 工具回転型チップバニシング加工による薄板材の曲げ特性, 日本塑性加工学会2022年度春季講演会講演論文集, 掲載決定.
- 3) Masato Okada, Seito Yoshita, Makoto Nikawa, Naho Hasegawa, Edge treatment by tip burnishing process with an active rotary tool, Proceedings of 2022 International Conference on Machining, Materials and Mechanical Technologies, Submitted.

#### 7 補助事業に係る成果物

本事業により得られた成果の広範な社会還元を目的に、事業者所属の研究室ホームページ内に成果を取りまとめた概要を公開した。

URL : [http://mech.u-fukui.ac.jp/~okada/JKA\\_2021\\_report.pdf](http://mech.u-fukui.ac.jp/~okada/JKA_2021_report.pdf)

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 福井大学 学術研究院 工学系部門

(フクイダイガク ガクジュツケンキュウイン コウガクケイブモン)

住 所： 〒910-8507 福井県福井市文京3丁目1-9

担 当 者： 教授 岡田将人 (オカダマサト)

担 当 部 署： 機械工学講座 (キカイコウガクコウザ)

E - m a i l : [okada\\_m@u-fukui.ac.jp](mailto:okada_m@u-fukui.ac.jp)

U R L : <http://mech.u-fukui.ac.jp/~okada>